

円筒型音響クローキングにおける遮蔽領域の共鳴モードに関する研究

Resonance mode analysis of cylindrical acoustic cloaking medium

○坂口 浩一郎¹、堂前 直人²、徳田 安紀¹(¹岡山県立大, ²岡山県立大学大学院)

○Koichiro Sakaguchi, Naoto Domaie and Yasunori Tokuda

(Okayama Prefectural Univ.)

E-mail: koichiro@c.oka-pu.ac.jp

クローキングとは、物体を特殊な媒質（クローク媒質）で覆うことで電磁波や音波などを迂回させ、遮蔽する技術のことであり[1,2]、波長以下の周期構造体であるメタマテリアルによりクローク媒質を設計する方法が提案されている[3, 4]。本研究では有限要素法を用いたシミュレーションにより円筒型クローク媒質の共鳴モードを調べるとともに、遮蔽領域に音源を置いた場合の音波伝搬特性について検討した。

クローク媒質は2種類の媒質を交互に配置した層構造となっており、各媒質の密度 ρ_1, ρ_2 と音速 c_1, c_2 を下式のように設定することで、座標変換理論から導かれる円筒型クローク媒質の条件が満たされる[4]。

$$\rho_1 = \frac{r + \sqrt{2rR_1 - R_1^2}}{r - R_1} \rho_b, \quad \rho_2 = \frac{\rho_b^2}{\rho_1}, \quad c_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_2} \frac{r}{r - R_1} c_b, \quad c_2 = c_1 \quad (1)$$

ここで ρ_b, c_b はそれぞれ背景媒質の密度および音速、 R_1, R_2 は円筒の内半径および外半径、 r は円筒中心からの距離を表す。本研究では R_1 を1 m、 R_2 を2 mとして全体が50層のクローク媒質を構築し、クローク媒質以外の背景媒質は空気（密度：1.25 kg/m³、音速：343 m/s）とした。

図1(a)に固有モード解析の結果を示す。周波数1~300 Hzにおいて、7つの共鳴モードが存在することが分かった。これらのモード形状を見ると、クローク媒質自体に顕著な振動モードは見られず、全て内部の円形の形状に依存した空気の振動モードであると考えられる。次に遮蔽領域内にこれらの共鳴モードを全て励振させるような点音源を置き、音波伝搬解析を行った結果を図1(b)に示す。外部の検出器で音圧値を計算すると共鳴周波数と同じ周波数に7つのピークが得られ、内部領域で共鳴が生じ、クローク媒質の外へ音波が伝搬することが分かった。このことから、これらの共鳴周波数では、通常のクローキング特性に影響があると考えられる。

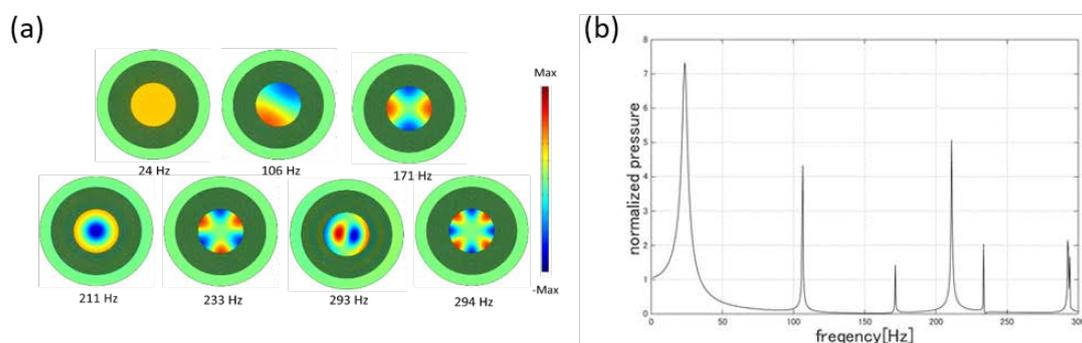


図1. 円筒型クローク媒質のモード解析結果(a)と外部での音圧スペクトル(b)

【参考文献】

- [1] D. Schurig, *et al.*, Science, **314**, 977 (2006). [2] D. Schurig, *et al.*, OPTICS EXPRESS, **14**, 9794 (2006).
 [3] S. A. Cummer and D. Schurig, New Journal of Physics, **9**, 45 (2007).
 [4] D. Torrent and J. Sanchez-Dehesa, New Journal of Physics, **10**, 063015 (2008).